ПАРАЗИТОЛОГИЯ, 35, 4, 2001

УДК 576.895.122:594.3:591.5

ВЛИЯНИЕ СУЛЬФАТА МЕДИ НА СЕРДЕЧНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРУДОВИКА ОЗЕРНОГО (MOLLUSCA: GASTROPODA: PULMONATA) ПРИ ЗАРАЖЕНИИ ПАРТЕНИТАМИ ТРЕМАТОД

© Д. А. Выскушенко

Исследовано влияние различных концентраций (0.2, 1, 1.8 мг/л) сульфата меди на сердечную деятельность *Lymnaea stagnalis* в норме и при инвазии партенитами трематод. Установлены концентрации токсиканта, вызывающие как тахикардию, так и брадикардию у этого моллюска. Инвазия усугубляет течение патологического процесса, вызванного отравлением *L. stagnalis* сульфатом меди.

В настоящее время степень загрязнения гидросферы ионами тяжелых металлов вызывает все большие опасения. Эти токсиканты, попадая в водные экосистемы, включаются в круговорот веществ и энергии в них и в отличие от поллютантов органического происхождения не распадаются, а остаются в биогеохимических циклах в течение длительного времени. Согласно действующим ныне нормам предельно допустимые концентрации (ПДК) ионов меди в водах санитарно-гигиенического назначения составляют 1 мг/л (Новиков и др., 1990). Однако во внутренних водоемах, особенно в участках залповых сборов сточных, шахтных, рудниковых вод, концентрации тяжелых металлов часто значительно (на порядок и больше) превышают установленные для них значения ПДК. Вследствие этого концентрация меди в континентальных водоемах местами достигает нескольких миллиграммов на литр (Мур, Рамамурти, 1987). А посему актуальность исследования влияния ионов тяжелых металлов на различные аспекты жизнедеятельности гидробионтов не вызывает сомнений.

Действие сульфата меди на частоту сердечных сокращений прудовика озерного в норме и при инвазии его трематодами ранее не исследовалось.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

1360 экз. прудовиков озерных *Lymnaea stagnalis* (Linné, 1758), с высотой раковины 40—45 мм, были собраны в бассейне р. Тетерев (Житомирская обл., Украина) в мае—июле 2000 г. Моллюски были спонтанно инвазированы партенитами и церкариями *Echinoparyphium aconiatum* (Dietz, 1909). Акклимацию животных к лабораторным условиям проводили в течение 14 сут. В качестве токсиканта использовали сульфат меди (ч. д. а) в концентрациях 0.2, 1 и 1.8 мг/л. Экспозиция — 2 сут. Растворы приготавливали на дехлорированной отстаиванием (1 сут) водопроводной воде (pH 7.2—7.5, температура 18—21°, 8.6—8.9 мгO_2/л). Контроль за ритмом работы сердца моллюсков осуществляли визуально. Для этого в раковине (в области проекции сердца) острым скальпелем осторожно выпиливали отверстие площадью

1 × 1.5—2 см, стараясь при этом не повредить мантию. Через полупрозрачную стенку последней устанавливали частоту сокращений желудочка сердца прудовиков за единицу времени (1 мин). В каждом случае результаты снимали в трехкратной повторности, определяя затем среднее значение исследуемого показателя.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оказалось, что частота сокращений сердца у прудовика в норме составляет 17.26 ± 0.6 уд./мин (амплитуда колебания показателя — 10—27 уд./мин) (табл. 1). Полученные нами результаты неплохо согласуются с данными других авторов. Стадниченко и др. (1992) показали, что ритм сердечных сокращений прудовиковых колеблется от 10—15 до 40—60 (реже до 70—90) уд./мин. Такой большой размах

Таблица 1

Влияние сульфата меди на ритм сердечных сокращений Lymnaea stagnalis

Table 1. The influence of the copper sulfate on Lymnaea stagnalis heart rate

Место сбора	Инвазия	N	Статистический показатель			
			min—max	X ± m_x	σ	V
Бассейн р. Тетерев, с. Карвиновка	Контроль					
	Нет	35	12—21	15.47 ± 0.57	3.35	21.65
	Есть	55	13—23	16.93 ± 0.46	3.45	20.37
	0.2 мг/л					
	Нет	64	14—24	17.17 ± 0.53	4.23	24.64
	Есть	25	15—26	18.89 ± 0.92	4.58	24.25
	1 мг/л					
	Нет	49	7—13	10.14 ± 0.45	3.17	31.31
	Есть	36	8—14	11.11 ± 0.52	3.13	28.18
	1.8 мг/л					
	Нет	72	3—8	4.15 ± 0.11	0.92	22.15
	Есть	28	3—7	4 ± 0.2	1.07	26.84
Бассейн р. Тетерев, Соколовка	Контроль					
	Нет	49	10—27	17.47 ± 0.42	3.74	21.43
	Есть	30	7—26	17 ± 0.74	4.07	23.95
	0.2 мг/л					
	Нет	87	10—34	19.92 ± 0.6	5.52	27.71
	Есть	30	12—29	20.18 ± 0.84	4.59	22.74
	1 мг/л					
	Нет	74	4—18	9.14 ± 0.47	4.04	44.28
	Есть	30	4—18	9.03 ± 0.67	3.65	40.4
	1.8 мг/л					
	Нет	44	2—5	3.3 ± 0.19	1.26	38.3
	Есть	31	2—7	3.5 ± 0.23	1.29	36.95
Бассейн р. Тетерев, с. Забилоччя	Контроль					
	Нет	44	11—21	16.36 ± 0.56	3.71	22.65
	Есть	61	11—23	17.92 ± 0.51	4.01	22.37
	0.2 мг/л					
	Нет	64	14—24	18.45 ± 0.62	4.97	26.92
	Есть	25	15—25	19.75 ± 1.01	5.06	25.64

Таблица 1 (*продолжение*)

Место сбора	Инвазия	№	Статистический показатель			
Бассейн р. Тетерев, с. Забилоччя			1 мг/л			
	Нет	49	6—12	9.38 ± 0.44	3.08	32.81
	Есть	30	6—13	10.22 ± 0.54	2.98	29.17
			1.8 мг/л			
	Нет	36	3—7	4.14 ± 0.16	0.97	23.51
	Есть	25	3—10	5.63 ± 0.31	1.57	27.84
Бассейн р. Тетерев, с. Миролюбовка			Контроль			
	Нет	52	15—22	17.97 ± 0.64	4.58	25.48
	Есть	18	17—26	18.89 ± 0.8	3.4	21.15
			0.2 мг/л			
	Нет	33	16—25	19.5 ± 0.94	5.4	27.71
	Есть	27	16—27	21 ± 1.22	6.34	30.18
			1 мг/л			
	Нет	25	6—12	9.36 ± 0.44	2.2	23.46
	Есть	26	7—14	10.01 ± 0.52	2.63	24.82
			1.8 мг/л			
	Нет	81	3—6	3.6 ± 0.08	0.75	20.73
	Есть	25	3—8	4.19 ± 0.17	0.86	20.56

этого показателя объясняется значительными сезонными и возрастными изменениями (Piechocki, 1979).

Известно (Биргер, Маляревская, 1977), что у моллюсков при инвазии средней тяжести возрастает уровень общего обмена веществ. Одним из проявлений этого является ускорение у них ритма сердечных сокращений (Lee, Cheng, 1970). Нами установлено, что сердце пораженных гельминтами прудовиков делает в среднем 18 ± 0.67 уд./мин (амплитуда колебания показателя — 7—26 уд./мин) (табл. 1), что на 4.3 % больше, чем у свободных от инвазии особей. Следует отметить, что у слабо инвазированных животных (суммарный объем очагов инвазии меньше $^1/_3$ объема пораженного органа) ритм сокращений сердца в сравнении с нормой не изменяется. Тяжелая инвазия (объем паразитарных очагов больше $^1/_2$ объема пораженного органа) вызывает обычно ярко выраженную брадикардию.

Сульфат меди с самого начала экспозиции *L. stagnalis* в его растворах действует на этих животных, как токсикант локального действия (Метелев и др., 1971). Он вызывает у моллюсков прежде всего местные повреждения покровов их тела, что ведет к разрушению мерцательного эпителия с последующим его отторжением и слущиванием. Позже, вследствие материальной кумуляции, ионы меди накапливаются в различных органах и тканях моллюсков. Как известно (Стадниченко и др., 1998), у *L. stagnalis* этот токсикант наиболее интенсивно задерживается гепатопанкреасом, гемолимфой в 1.5—1.7, а висцеральной массой — почти в 2 раза слабее. При этом ионы меди образуют прочные комплексы со многими биологически активными соединениями (ферментами, гормонами и др.), в результате чего последние утрачивают свою активность. Все это сопровождается развитием в организме животных общего патологического процесса.

Вслед за другими исследователями (Брагинский, 1972) мы считаем, что степень угнетения (или возбуждения) организма под влиянием токсикантов оптимально отображает сердечный коэффициент (СК) — отношение ритма сердца у отравленных животных к таковому у контрольных особей, в процентах. Так, при 0.2 мг/л сульфата меди в среде частота сердечных сокращений прудовиков увеличивается (по сравнению

Таблица 2

Сердечный коэффициент (%) *Lymnaea stagnalis* под действием сульфата меди

Table 2. *Lymnaea stagnalis* heart index (%) under the influence of the copper sulfate

Место сбора	Инвазия	Токсикант		
		0.2	1	1.8
Бассейн р. Тетерев, с. Карвиновка	Нет	111	66	27
	Есть	112	66	24
Бассейн р. Тетерев, Соколовка	Нет	116	52	19
	Есть	119	53	21
Бассейн р. Тетерев, с. Забилоччя	Нет	113	57	25
	Есть	110	57	31
Бассейн р. Тетерев, с. Миролюбовка	Нет	109	52	20
	Есть	111	56	22

с контролем) на 9—14 %, а значение СК в этом случае составляет 109—114 % (табл. 2). Такой уровень тахикардии вполне закономерен, так как гидробионты, попадая в затравленную среду, отвечают на ее повреждающее воздействие развитием защитно-приспособительного процесса (Биргер, 1979), который проявляется, как и в случае с инвазией, в повышении уровня общего обмена веществ, следствием чего и является возрастание частоты сердечных сокращений у прудовика.

При 1 мг/л сульфата меди у особей из карвиновской популяции СК составляет 66 % (P > 99.9 %). У моллюсков из других популяций ритм сокращений сердца снижается еще заметнее (табл. 2).

Использованный нами токсикант в концентрации 1.8 мг/л приводит к дальнейшему развитию патологического процесса и замедлению частоты сердцебиения прудовика в среднем в 3.7 раза (табл. 2). Следовательно, при 1 и 1.8 мг/л сульфата меди в среде у исследованного нами объекта проявляется ярко выраженная брадикардия.

Инвазия усиливает патологический процесс, вызванный отравлением животных растворами сульфата меди. В большинстве случаев инвазированные особи (при инвазии средней тяжести и тотальном паразитарном поражении) быстрее поддаются патогенному действию токсиканта, а симптомы отравления выражены у них намного ярче сравнительно с неинвазированными экземплярами. Так, при 0.2 мг/л сульфата меди в среде СК инвазированных прудовиков составляет 111—118 против 109—114 % у свободных от инвазии животных (табл. 2).

Список литературы

Биргер Т. И., Маляревская А. Я. О некоторых биохимических механизмах резистентности водных беспозвоночных к токсическим веществам // Гидробиол. журн. 1977. Т. 13, № 6. С. 69—73.

Биргер Т. И. Метаболизм водных беспозвоночных в токсической среде. Киев: Наукова думка, 1979. 190 с.

Брагинский Л. П. Действие гербицидов и альгицидов на водные организмы и биологические процессы в замкнутых и малопроточных водоемах: Дис. ... д-ра биол. наук. Киев, 1972. 345 с.

Метелев В. В., Канаев А. И., Дзасохова Н. Г. Водная токсикология. М.: Колос, 1971. 247 с.

Мур Дж., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния. М.: Мир, 1987. 288 с.

Новиков Н. В., Ласточкина К. О., Болдина З. Н. Методы исследования качества воды водоемов. М.: Медицина, 1990. 400 с.

Стадниченко А. П., Астахова Л. Е., Катериненко А. В., Чирков М. А. Прудовиковые и чашечковые Украины (биология, экология, полезное и вредное значение, методы исследования) // Деп. в УкрИНТЭИ 28.04.1992, № 490-Ук.92. 189 с.

Стадниченко А. П., Иваненко Л. Д., Куркчи Л. Н., Витковская О. В., Калинина Н. Н., Выскушенко Д. А., Шевчук А. В. Влияние трематодной инвазии на накопление ионов тяжелых металлов пресноводными моллюсками // Паразитология. 1998. Т. 32, вып. 4. С. 357—362.

Lee F. O., Cheng C. T. Increased heart rate in Biomphalaria glabrata parasitized by Schistosoma mansoni // J. Invertebr. Pathol. 1970. Vol. 16, N 1. P. 148—149.

Piechocki A. Mięczaki (Mollusca). Poznan: Polska Akad. Nauk, 1979. 87 s.

Житомирский педуниверситет, 262001 Поступила 3.01.2001

THE INFLUENCE OF COPPER SULFATE ON THE LYMNAEA STAGNALIS HEART RATE (MOLLUSCA: GASTROPODA: PULMONATA) UNDER THE INFECTION WITH TREMATODE PARTHENITES

D. A. Vyskushenko

Key words: *Lymnaea stagnalis*, copper sulphate, heart rate, trematode invasion.

SUMMARY

The inluence of different concentrations of the copper sulfate (0.2, 1, 1.8 mg/l) on the *Lymnaea stagnalis* heart rate in a control and in the case of the trematode infection was examined. Concentrations which cause the decrease and the increase of heart rate were estimated. Pathological reactions in infected individuals are more expressed and appear earlier.